

计算机辅助襄樊市城市交通规划*

孙玉国 边经卫**

摘 要

城市交通规划是城市总体规划的重要组成部分。笔者在参与编制襄樊市城市总体规划的过程中,以交通工程理论为依据,借助于计算机大容量和高速度的处理能力进行现状交通数据的统计分析和远期交通流量的模拟预测,为城市交通规划及确定城市的发展方向、用地布局提供了定量的决策依据,加深了城市总体规划的深度,提高了规划设计的质量。

【关键词】 城市规划; 交通规划; 计算机辅助规划

1 概 述

近年来,我国城市规划界开始在城市道路交通规划中采用定量分析的方法^[1]。武汉测绘科技大学与湖北省城市规划设计研究院合作,于1987年利用计算机辅助完成了黄石市城市总体规划中的城市用地评价、环境质量评价和道路交通规划^[2,3],在国内城市规划界产生了较大影响。为了发展和完善机助城市道路交通规划的技术方法,笔者在黄石工作的基础上,针对襄樊市城市总体规划的工程项目,进一步探索和研究机助城市道路交通规划的数据处理方法,并设计和发展相应的计算机软件,辅助完成了襄樊市道路交通规划。

机助城市交通规划,是以交通工程理论为依据,以计算机为手段,运用系统论的观点来分析、研究城市交通问题的。通过对交通调查的统计数据 and 路网分布的空间数据的处理和综合分析,获取现状交通的有关信息,着重研究城市对内对外交通和城市交通动态变化的规律。通过交通预测获取远期交通的有关信息,并藉此进行规划路网的优化设计。由于城市的结构,城市的大小及其扩展,城市生活的方式及特点全都是由城市交通系统的性质和服务质量来决定的^[4]。因此,机助交通规划不仅仅是为城市交通规划提供定量和定位决策依据的过程,也是为城市发展方向、用地布局提供定量和定位决策依据的过程。

收稿日期: 1989-03-24

*本工作是在陈军副教授具体指导下完成的。

**湖北省城市规划设计研究院。

配合城市总体规划的机助交通规划的作用主要包括两方面。一是在总体布局之前，通过大量现状交通数据的统计处理和综合分析，定量地分析现状交通的基本特征，诊断出各种交通问题；二是在总体布局时，通过交通预测，合理地确定市区主要路网和交通设施的走向与位置，通过对规划路网进行远期发展的适应性评价和对路网及交通设施进行反馈调整，优化道路功能，合理地进行道路横断面的设计。

城市是所在区域的一个开放的生态子系统，交通是城市与外部及城市内部进行物质能量交换的主要流通网络。因此，机助城市交通规划既不能只就城市论城市，也不能只就交通论交通。一方面要把城市纳入区域之中，规划过程中既要考虑城市本身的交通流，也是要考虑城市之外入城与过境的交通流，市区交通预测在市域交通预测的基础上进行；另一方面，要考虑构成城市系统的其它要素对交通的影响，把交通规划和用地规划等结合起来，把交通预测和整个城市的经济与社会发展预测结合起来。

机助襄樊市交通规划的工作（以下简称“襄樊工作”）主要包括3方面内容：交通数据的获取与交通规划综合数据库的建立；现状交通数据的处理分析；交通预测与规划路网的优化。整个工作的基本流程如图1所示。

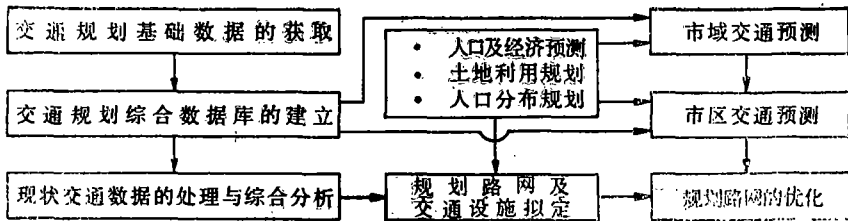


图1 机助襄樊市城市道路交通规划流程图

2 城市交通规划基础数据的获取

获取城市交通规划基础数据是机助交通规划的基础工作，数据质量及全面与否决定着机助交通规划的成败。机助城市交通规划所需数据内容很广泛，其获取的方法主要有两种：一是收集现有的有关资料，从中提取所需的可靠数据；二是开展交通调查。襄樊工作中所获取的数据如表1所示。其中，约三十余万现状交通调查数据是结合襄樊市的具体情况，采用表格调查和实地观测两种途径获得的，其内容包括：（1）市内货车一日运行调查数据；（2）入城车辆调查数据；（3）职工上班调查数据；（4）路段机动车和非机动车调查数据；（5）货源概况调查数据。

为了对交通规划所需的大量数据进行有效的存贮、维护管理和处理，有必要建立交通规划数据库，其基本过程见图2。襄樊工作中，采用键盘输入方式录入统计数据，采用数字化仪录入空间数据，从而建立起用于交通规划定量分析与预测的交通规划综合数据库。

表 1 机助襄樊市城市交通规划基础数据一览表

数据类型		交通数据	有关的非交通数据
空间型	点、线	<ul style="list-style-type: none"> • 货源分布图 • 路网及交通设施分布图 • 历年路段流量观测图 	<ul style="list-style-type: none"> • 地形图
	面	<ul style="list-style-type: none"> • 交通区划分图 	<ul style="list-style-type: none"> • 土地利用图 • 用地规划图 • 人口分布图和人口密度图
统计型		<ul style="list-style-type: none"> • 现状交通调查数据 • 交通规划的各种指标 • 其它城市交通规划的主要参考数据 • 来自统计部门的有关交通数据 	<ul style="list-style-type: none"> • 与交通规划有关的现状及预测的经济数据 • 人口预测数据

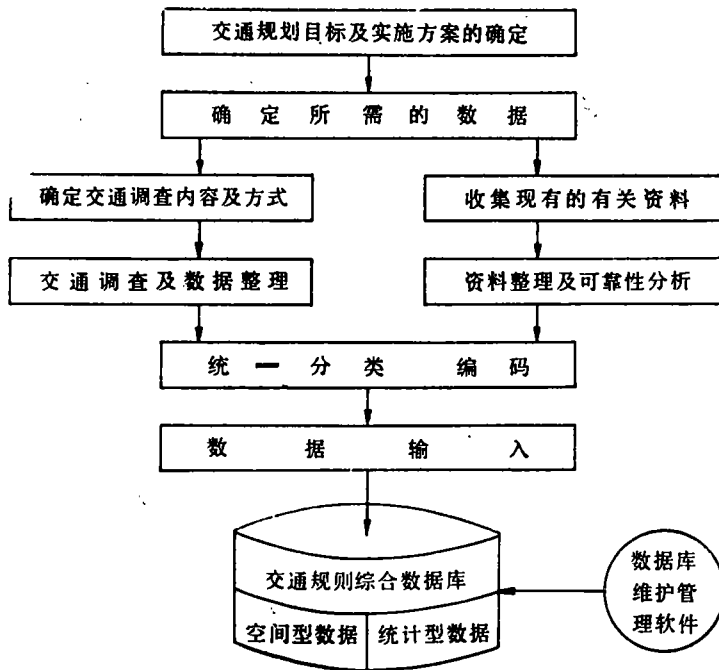


图 2 交通规划综合数据库建立的流程图

3 现状交通数据的处理分析

现状交通数据处理分析的主要目的是提取城市交通特征信息，研究现状交通量及其分布规律，对现有路网进行诊断分析，找出当前交通存在的主要矛盾，探索城市交通规律。

3.1 现状交通数据的统计分析

这种统计分析的主要方式和内容如表 2 所示。实际统计分析时是根据需要对上述方式进行有机组合，以从不同角度、不同方面反映城市交通的特征。本次工作，把襄樊市区划成 74 个现状交通小区和交通设施点，10 个交通中区和 3 个交通大区，对现状交通数据做了五十余种统计分析，得到的近十五万数据的统计结果较全面地描述和反映了该城市现状交通的特点。

表 2 现状交通数据统计分析的主要方式与内容

No.	统计方式		统计内容(举例)
1	按时空分布	空间	交通流量空间分布矩阵的统计
		时间	路段 24 小时交通流量分布统计
2	按交通方式	步行 自行车 摩托车 小汽车 公共汽车	载客 交通小区分方式的客流发生量统计
		机动货车 非机动货车	载货 交通小区分方式的货流发生量统计
3	按交通流构成	客流	客流 OD 矩阵统计
		货流	货流 OD 矩阵统计
4	按地域	市区	市区客流出行距离分布统计
		市域	外地车辆入城量统计

注: OD 矩阵即交通量空间分布矩阵, 将其用图表示则叫 OD 图。

3.2 现状交通流量分配

交通流量分配是将交通流量的空间分布矩阵分配到路网上, 求出每条路段上的交通流量。本次工作采用最短路径法进行现状交通流量分配, 其数学表达式为:

$$V_l^m = \sum_{ij} Q_{ij}^{(m)} \delta_{ij}^{(l,m)} \quad (1)$$

式中: V_l^m 为路段 l 上方式 m 下的交通流量; $Q_{ij}^{(m)}$ 为 i, j 区之间方式 m 下的交通量;

$$\delta_{ij}^{(l,m)} = \begin{cases} 0, & i, j \text{ 间最短路径不过 } l \text{ 路段。} \\ 1, & i, j \text{ 间最短路径过 } l \text{ 路段。} \end{cases}$$

这种方法假定出行者选择了最短路径, 实际情况并非完全如此。因此, 在市区和市区对

外出口处选20个典型路段进行24小时流量观测，把实测结果和分配结果相比较，发现绝大部分基本吻合。对个别误差超限的路段采用等比例调整法进行流量调整，其做法是先计算该路段*i*的调整系数*k_i*：

$$k_i = \frac{\text{路段 } i \text{ 24小时观测值}}{\text{路段 } i \text{ 24小时分配值}} \quad (2)$$

以*k_i*乘以所有分配到路段*i*上的OD流量，生成一个新的OD矩阵，然后用新的OD矩阵重新做流量分配。如此进行反复调整直至满意为止。

将流量分配求出的每一路段的交通量与其道路设计的交通容量相比较，很容易实现路网的诊断，并据此确定道路的合理功能。

3.3 现状交通流量分布的模拟

为了确定交通流量分布规律，根据交通流量空间分布矩阵，采用引力模型进行回归分析。引力模型的数学表达式为：

$$Q_{ij} = k \frac{Q_i^\alpha Q_j^\beta}{T_{ij}^\gamma} \quad (3)$$

式中，*Q_{ij}*为*i, j*二区间的交通流量；*Q_i*为*i*区的交通发生量；*Q_j*为*j*区的交通吸引量；*T_{ij}*为*i, j*二区间的最短路径。通过解求1332个线性方程构成的方程组，确定该市货流分布模型为：

$$Q_{ij} = 0.0054617 \times \frac{Q_i^{0.607} \cdot Q_j^{0.601}}{T_{ij}^{0.001}} \quad (4)$$

式中*r*值较小表明距离对货流分布的影响不大。

4 交通预测与规划路网的优化

襄樊市交通预测采用“四阶段模式”^[5]，即依次进行交通生成预测、交通流量分布预测、交通方式划分预测及交通流量分配预测，并藉此进行规划路网的优化。为此，依据城市的自然地形、用地性质、交通屏障、居委会划分，并考虑重要交通点的分布，把襄樊市区划分成122个规划交通小区。整个交通预测及规划路网的优化过程如图3所示。

4.1 交通生成预测

“襄樊工作”中，交通小区的居民出行发生量和吸引量的预测是依据城市居民出行的一般规律和特点，以各小区用地性质、居住人数、职工人数、工作岗位人数等要素为相关计算指标分3步进行的。

(1) 确定该城市人均日出行次数，以此乘以远景年城人口，得远景年总的发生量和吸引量*Q*。

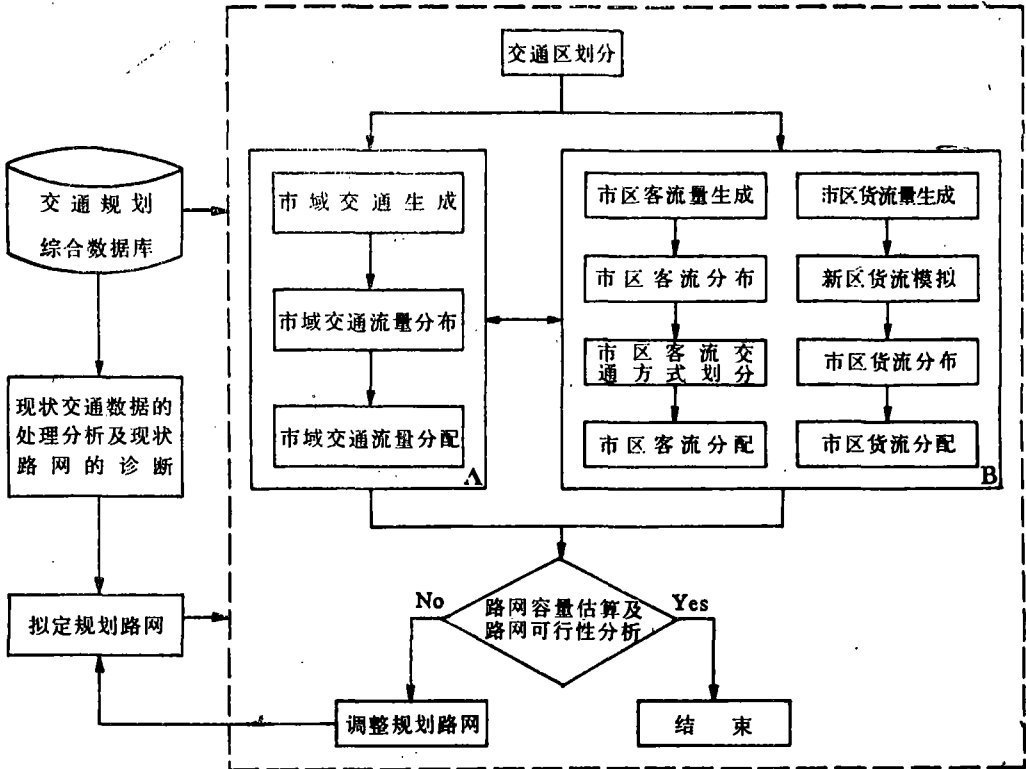
(2) 确定出行目的及不同出行目的出行量的构成百分化，以此乘以*Q*得每一种出行目的出行量*q_i*，*i* = 1, ..., *m*，*m*为出行目的分类数。

(3) 选定与出行目的相关的要素，求出每一小区对于交通发生或交通吸引的诸要素构成百分比，则第*k*小区交通发生量或吸引量*Q_k*为：

$$Q_k = \sum_{i=1}^m q_i P_{ki} \quad (5)$$

其中 P_{ki} 表示第 k 小区中与第 i 种出行目的相关要素的百分比(对于交通发生与交通吸引因其所选相关要素不同而使其 P_{ki} 不同)。

货流生成量与用地性质有关。把襄樊市区用地分成12类,如果第 i 类用地货物发生或吸引量为 q_i ,第 k 个规划小区中第 i 种用地的百分比为 P_{ki} ,则可用(5)式计算该小区的货物发生量或货物吸引量 Q_k 。这时, m 为用地类别数。



注:A为市域交通预测流程;B为市区交通预测流程。

图 3 襄樊市交通预测及路网优化流程图

4.2 交通流量分布预测

所采用的两种模型是 EVANS 模型^[5]和 FRATAR 模型^[6]。

1. EVANS模型

它是一种引力模型,其数学表达式为:

$$Q_{ij} = K_i L_j O_i D_j f(d_{ij}) \quad (6)$$

式中, Q_{ij} 为 i, j 区间的交通流量; d_{ij} 为 i, j 区间的距离; O_i 为 i 区的交通发生量; D_j 为 j 区的交通吸引量; $f(d_{ij}) = d_{ij}^{-\alpha}$,一般 $\alpha > 0$; K_i, L_j 为比例参数,二者之间关系为:

$$K_i = \left[\sum_{j=1}^n L_j D_j f(d_{ij}) \right]^{-1} \quad (7)$$

$$L_j = \left[\sum_{i=1}^n K_i O_i f(d_{ij}) \right]^{-1} \quad (8)$$

求解时先给定 K_i 或 L_i 的初值, 利用 (7)、(8) 式做迭代计算, 并调整参数 α , 直至 K_i , L_i 全部收敛且计算出的平均运距等于或接近事先规定的指标值。平均运距的计算公式为:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij} d_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij}} \quad (9)$$

图 4 和图 5 分别为利用该模型预测的远景年襄樊市区客流和市域货流的分布结果。

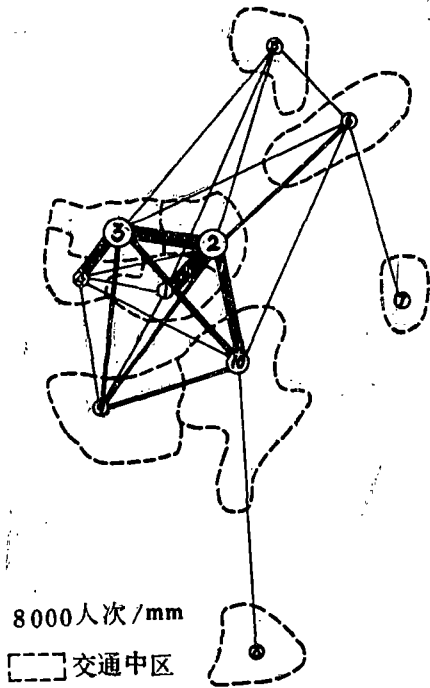


图 4 远景年襄樊市区客流出行 OD 图 (高峰小时)

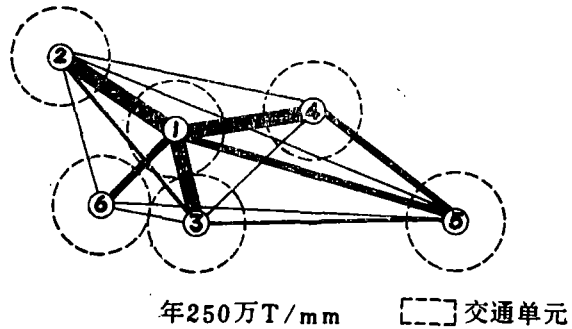


图 5 远景年襄樊市区域货流 OD 图

2. FRATAR模型

它是一种增长系数模型, 其数学表达式为:

$$Q'_{ij} = Q_{ij} \frac{P_i}{p_i} \frac{A_j}{a_j} \left(\frac{l_i + L_j}{2} \right) = Q_{ij} F_i G_j \left(\frac{l_i + L_j}{2} \right) \quad (10)$$

式中, Q'_{ij} 为 i 区和 j 区间未来的交通流量; Q_{ij} 为 i 区和 j 区间当前的交通流量; F_i 为 i 区出行发生的增长率; G_j 为 j 区出行吸引的增长率; P_i 为 i 区将来的交通发生量; p_i 为 i 区当前的交通发生量; A_j 为 j 区将来的交通吸引量; a_j 为 j 区当前的交通吸引量; l_i, L_j 分别为:

$$l_i = \frac{\sum_j Q_{ij}}{\sum_j Q_{ij} G_j}, \quad L_j = \frac{\sum_i Q_{ij}}{\sum_i Q_{ij} F_i}$$

Q_{ij} 的初值可以通过现状交通分布模拟获得。按 (10) 式进行迭代运算, 每次迭代运算出的 Q'_{ij} 值作为下一次迭代运算的 Q_{ij} 值, 直至 F_i 和 G_j 都接近 1 为止。图 6 是利用这种模型预测的远景年襄樊市市区货流分布结果。

4.3 交通方式划分预测

以出行距离做自变量, 根据现状交通数据的统计结果, 作出步行和自行车两种交通方式

下客流量与总客流量之比随出行距离变化的分布曲线 $P_{步}$ 和 $P_{自}$ ，如图 7 所示。

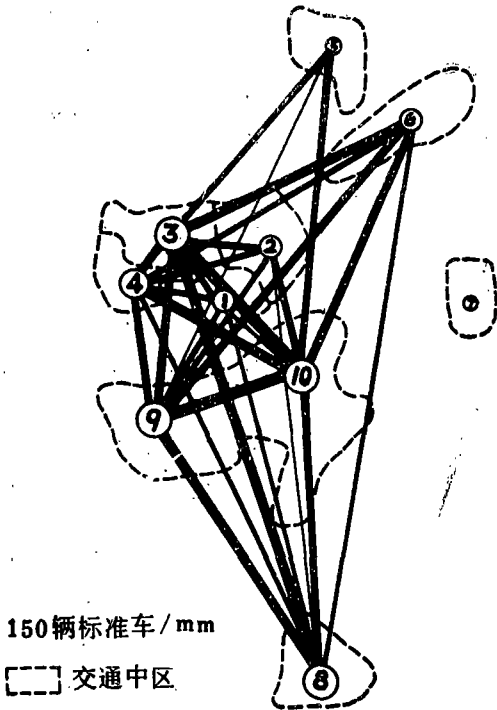


图 6 远景年襄樊市区货车出行 OD 图 (高峰小时)

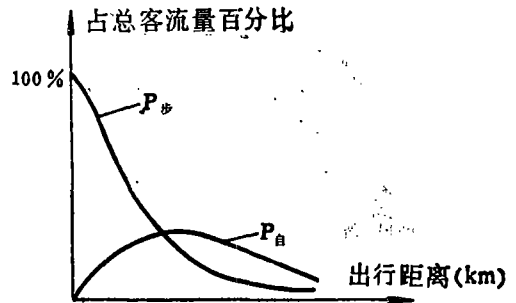


图 7 分方式客流出行分布曲线

选用 (11)、(12) 式两种函数分别拟合步行和自行车出行分布曲线。

$$P_{ij步} = e^{-\alpha d_{ij}} \quad (11)$$

$$P_{ij自} = b_0 [\sin(b_1 d_{ij}) + \sin(b_2 d_{ij}) + \sin(b_3 d_{ij})] \quad (12)$$

其中, d_{ij} 为 i, j 二区间距离, α , β 及 b_0, b_1, b_2, b_3 为待定参数。经回归拟合并考虑未来的发展趋势, 确定各参数为: $\alpha = 0.686$; $\beta = 1.621$; $b_0 = 0.271$; $b_1 = 0.6545$; $b_2 = 0.3927$; $b_3 = 0.2618$ 。这样, 如果 i, j 二区间的客流量为 Q_{ij} , 采用步行、自行车及公共交通方式的客流量分别为 QF_{ij} , QB_{ij} , QC_{ij} , 则有:

$$QF_{ij} = P_{ij步} \cdot Q_{ij} \quad (13)$$

$$QB_{ij} = P_{ij自} \cdot Q_{ij} \quad (14)$$

$$QC_{ij} = Q_{ij} - QF_{ij} - QB_{ij} \quad (15)$$

4.4 交通流量分配预测与规划路网优化

同样, 采用最短路径法进行远期交通流量分配预测, 其结果如图 8、图 9 所示。

规划路网的优化是在现状交通数据处理和远期交通预测的基础上实现的。首先在现状交通调查数据处理与现状路网诊断的基础上, 结合远景年社会及经济发展预测结果, 由规划人员拟定规划路网和交通设施, 然后把预测的远景年交通量分配到该路网上, 继而进行路网诊断, 并调整规划路网及交通设施, 再重新做流量分配。重复上述过程, 直至满意为止。这一

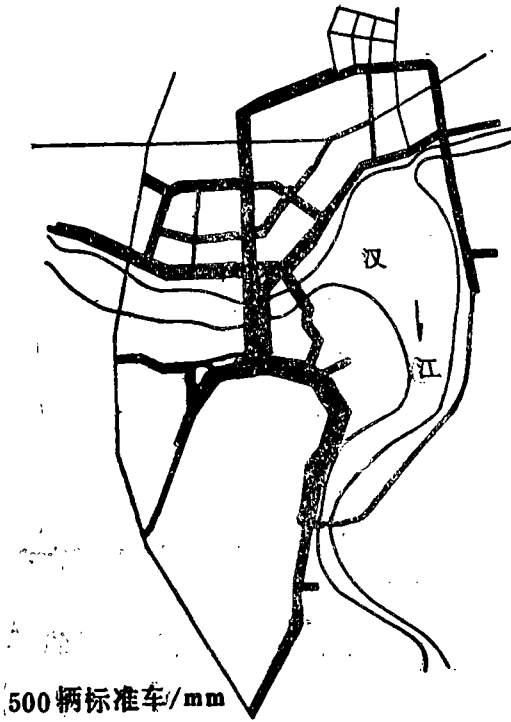


图8 远景年市区货运机动车
流量分配图(高峰小时)

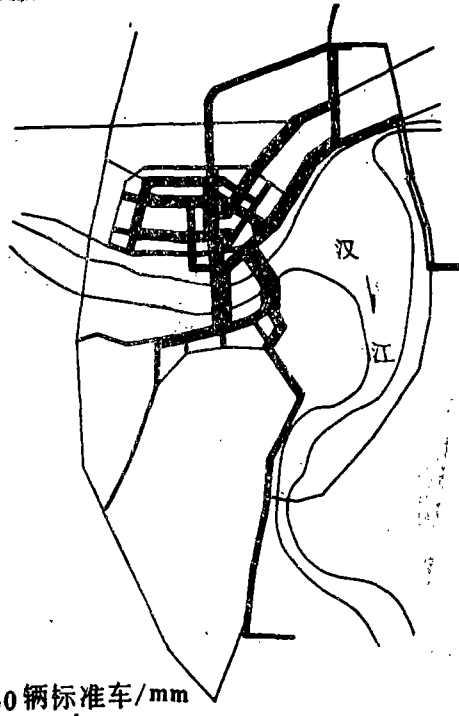


图9 远景年市区客运机动车
流量分配图(高峰小时)

过程实质上是路网及交通设施拟定、流量分配、路网诊断、路网及交通设施调整的循环反馈过程,藉此使规划路网逐渐趋向最优。

5 体会与建议

1. 机助城市交通规划能够快速、准确地为城市交通规划提供可靠的定量和定位的决策依据。

2. 本工作是在VAX/11-750超小型计算机上完成的,为便于推广应用,有必要尽快地在微机上发展机助城市交通规划软件。

3. 机助交通规划实质上是对包括监测点、路网及交通小区在内的点、线、面空间数据及其属性进行综合处理分析的过程。因此,可以利用地理信息系统技术支持交通规划,并把交通规划软件作为地理信息系统的一项应用软件。

参 考 文 献

- [1] 朱俭松. 城市交通规划中应用电子计算机技术的初步体会和经验. 城市规划, 1988(1).
- [2] 陈 军等. 空间型城市信息系统的建立及应用. 城市规划, 1988(1).

- [3] 陈 军, 孙玉国. 基于 GIS 的城市多因素模糊综合评价. 武汉测绘科技大学学报, 1988(4).
- [4] 汤姆逊 J M 著. 城市布局与交通规划. 倪文彦等译. 中国建筑工业出版社, 1982. 8.
- [5] 周商五. 交通工程. 同济大学出版社, 1987.10.
- [6] EVANS A W. The Calibration of Trip Distribution Models with Exponential or Similar Functions. Transportation Research, 1971, 5.

Computer Aided Urban Traffic Planning for Xiangfan City

Sun Yuguo Bian Jingwei

Abstract

Urban traffic planning is an important task in urban master planning. Based on traffic engineering theory and taken advantage of the large capacity and high-speed computer, the statistics and analysis of present traffic data, prediction of traffic volume in the future and optimization of the planning road network are carried out by the authors in Xiangfan urban master planning. These provide decision-making foundation for urban traffic planning, determining the direction of urban development and land-use layout. Therefore, the urban master planning is deepened, and the quality of urban planning is improved.

[Key words] urban planning; traffic planning; computer aided planning